

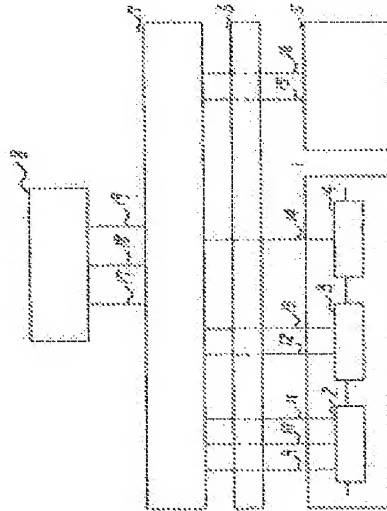
**MAINTENANCE FOR GAS-TURBINE POWER-GENERATION EQUIPMENT**

**Patent number:** JP59138732 (A)  
**Publication date:** 1984-08-09  
**Inventor(s):** KASUYA MICHIO; NISHINOMIYA MASAHIRO  
**Applicant(s):** HITACHI LTD; HITACHI ENG CO LTD  
**Classification:**  
 - international: *F02C6/00; F02C7/00; F02C9/00; F02C6/00; F02C7/00; F02C9/00;* (IPC1-7): F02C6/00; F02C7/00  
 - european: F02C9/00  
**Application number:** JP19830012816 19830131  
**Priority number(s):** JP19830012816 19830131

**Abstract of JP 59138732 (A)**

**PURPOSE:** To obtain exact maintenance time by dividing the operation state for each gas turbine into four parts and accumulating each maintenance factor for each operation time and start number of times of and planning maintenance time from the whole state of power generation sets.

**CONSTITUTION:** A maintenance planning apparatus 7 inputs the information necessary for maintenance plan into each gas turbine unit from a gas-turbine power-generation set and a gas-turbine operating board 5 through a process input/output apparatus 6. The fuel division 9 divided into four parts, amount 10 of gas consumption, and the amount 11 of oil consumption are input from a fuel equipment 2, and an outside temperature 13 is input into an ignition apparatus from the gas-turbine equipment, and the amount of electric power is input from a power generation set 4. A starting signal 15 and a load instruction signal 16 are input from the operation board 5. The maintenance planning apparatus 7 accumulates each maintenance factor on the basis of the information and outputs the fuel-system maintenance time 17, high-temperature gas system maintenance time 18, and the gas turbine maintenance time 19. Thus, each maintenance time can be made exact.



.....  
Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—138732

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

F 02 C 9/00  
6/00  
7/00

識別記号

庁内整理番号

8209—3G  
8209—3G  
6620—3G

④ 公開 昭和59年(1984)8月9日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ ガスタービン発電設備の保守方法

① 特 願 昭58—12816

② 出 願 昭58(1983)1月31日

③ 発 明 者 粕谷美智男

日立市幸町3丁目2番1号日立  
エンジニアリング株式会社内

④ 発 明 者 西宮正弘

日立市幸町3丁目2番1号日立  
エンジニアリング株式会社内

⑤ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号

⑥ 出 願 人 日立エンジニアリング株式会社  
日立市幸町3丁目2番1号

⑦ 代 理 人 弁理士 高橋明夫 外3名

明 細 書

発明の名称 ガスタービン発電設備の保守方法  
特許請求の範囲

1. 非連続的に運転する発電設備を含めたガスタービン発電設備に於いて、燃料毎の発電効率と運転時の外気温度により、ガスタービン毎の運転状態をピーク負荷、ミドル負荷、ベース負荷および無負荷の四区分に分類し、前記各負荷毎の運転時間を求め、前記運転時間と前記ガスタービン毎の運転停止操作による起動回数における保守係数を得て、各ガスタービン毎に累積し、これらの累積した保守係数に基づき、ガスタービン毎の保守時期を発電設備全体から計画することを特徴とするガスタービン発電設備の保守方法。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、非連続的に運転されるガスタービン発電設備のオンラインの保守を、ガスタービンの起動回数を考慮した保守係数に基づき的確に行なうガスタービン発電設備の保守方法に関する。

〔従来技術〕

従来、ガスタービンの保守は、オンラインにて、運転しているガスタービンの燃料と負荷状態および起動停止操作状態などを取込み、各操作状態における運転時間および起動回数を求め、これらの累積値より各操作毎の平均運転時間を求め、あらかじめ定められた保守間隔に対する割合として、監視装置に出力する方法が知られている。

この方法は、保守間隔を、長年の経験より得られたデータを基に決定する必要があるが、発電設備毎に異なる連続・非連続等の運転方法に対し適切な保守間隔を決定することが困難であつた。また、負荷状態を操作員の指令信号により決定しているため、実際のガスタービン負荷と異なる場合があり、的確な情報を提供することが困難であつた。

また、非連続的に運転するガスタービン発電設備に対し、運転中ガスタービンの発電効率と外気温度から決定される負荷状態および燃料毎に、動的寿命係数、停止中ガスタービンの静的寿命係数

を求め、その寿命係数値に基づき、オンラインで保守時期をスケジューリングする方法が知られている。

この方法は、非連続的に運転する場合に、燃焼系統に最も影響を与えるガスタービンの起動回数に対する考慮がなされておらず、保守時期を的確に計画することが困難であった。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、非連続的に運転する発電設備を含めたガスタービン発電設備の保守時期を適切に計画し、ガスタービンの長寿命化および発電設備の安定化を図るガスタービン発電設備の保守方法を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

本発明の特徴は、ガスタービンの燃焼系統に影響を与える起動回数を考慮した、運転中ガスタービンの燃料別・負荷別の動的保守係数、停止中ガスタービンの静的保守係数に基づき、オンラインで、保守時期を的確に計画することにある。

ガスタービンの保守項目と時期は、下記のように大別できる。

1. 燃焼系統保守時期（短期）
2. 高温ガス系統保守時期（中期）
3. タービン本体保守時期（長期）

以上の保守時期を計画するにあたり、下記に述べるような前提条件がある。

- 1) ガスタービンの運転停止判定は、ガスタービン運転指令後、点火状態「ON」信号が取り込まれた時点、および、点火状態「OFF」信号が取り込まれた時点とする。
- 2) ガスタービンが運転停止される場合、必ず発電機も運転停止されるものとする。すなわち、タービンと発電機の保守は同時に行なうものとする。
- 3) ガスタービンプラント周辺における条件に応じて、タービンの負荷は下記のものに分けられる。
  1. ビーク負荷状態（PLS）
  2. ミドル負荷状態（MLS）
  3. ベース負荷状態（BLS）
  4. 無負荷状態（NLS）

従つて、ガスタービンは、常に、前記前提条件3)に示す4つの状態のうちのいずれかの状態にある。

- 4) ガスタービンと発電機間の伝達係数の変化は微少の変化があるが無視できるものとする。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を図を用いて説明する。

第1図に、本発明の基本構成ブロック図を示す。図に於いて、保守計画装置7は、プロセス入出力装置6を経由して、ガスタービン発電設備1およびガスタービン操作卓5より、保守計画に必要な各種情報をガスタービンユニット毎に入力する。燃料設備2より、燃料区分9・ガス消費量10およびオイル消費量11を入力し、ガスタービン設備3より、点火状態12および吸入外気温13を入力し、発電設備4より、発電電力量14を入力する。また、操作卓5より、ガスタービン起動信号15および負荷指令信号16を入力する。保守計画装置7は、これらの入力情報に基づいて、出力装置8に、燃料系統保守時期17、高温ガス系統

保守時期18およびタービン本体保守時期19を出力し、ガスタービン発電設備1に於ける保守計画を行なう。

ここに、状態信号 $D_i$ （ $i=1\sim 4$ ）の定義は次に示す通りである。

$D_1 = 0$  ; ガス使用中（ $D_1^0$ ）

1 ; オイル使用中（ $D_1^1$ ）

$D_2 = 0$  ; 未点火で、タービン停止状態（ $D_2^0$ ）

1 ; 点火中で、タービン運転状態（ $D_2^1$ ）

$D_3 = 0$  ; タービン停止指示（ $D_3^0$ ）

1 ; タービン運転指示（ $D_3^1$ ）

$D_4 = 0$  ; ベース負荷指示（ $D_4^0$ ）

1 ; ビーク負荷指示（ $D_4^1$ ）

第2図は、ガスタービン発電設備1に於けるガスタービンユニット毎に、発電効率EFと外気温Tから実負荷状態を判定するため負荷区分を示したものである。図中の曲線は、燃料別（ガス、オイル）に異なる。

本負荷区分は、発電効率EFと外気温Tが図上で交差した箇所①を含む領域をいい、正規化した

値とする。燃料がガスの場合、

$$L = [F_0 (EF_0, T)] \quad \dots(1)$$

にて表わされ、下記の値を持つ。

- $L = 1$  ; ガス無負荷状態
- $= 2$  ; ガスベース負荷状態
- $= 3$  ; ガスミドル負荷状態
- $= 4$  ; ガスピーク負荷状態

ガス時の発電効率  $EF$  は、次式にて与えられる。

$$EF_0 = \frac{C_w \times W}{C_0 \times CQ_0} \times 100 (\%) \quad \dots(2)$$

ここに、 $C_w$  ; 電力量のカロリー変換定数

( $Kcal/MW$ )

$W$  ; 発電々力量 ( $MW$ )

$C_0$  ; ガスのカロリー変換定数

( $Kcal/Nm^3$ )

$CQ_0$  ; ガス消費量 ( $Nm^3$ )

前記(1)式で得られた負荷区分 ( $L$ ) が、操作指令によるものであるかどうかの検定と、実負荷状態は下記(3)式で得られる。

$$\left. \begin{aligned} G_1 &= L \times (D_1^0 \wedge D_2^0 \wedge D_3^0) \\ G_2 &= L \times (D_1^0 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^0) \\ G_3 &= L \times (D_1^0 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^1) \end{aligned} \right\} \quad \dots(3)$$

$= 6$  ; オイルベース負荷状態

$= 7$  ; オイルミドル負荷状態

$= 8$  ; オイルピーク負荷状態

ここで、発電効率  $EF$  は、

$$EF_0 = \frac{C_w \times W}{C_0 \times CQ_0} \times 100 (\%) \quad \dots(5)$$

ここに、 $C_w$  ; 電力量のカロリー変換定数

( $Kcal/MW$ )

$W$  ; 発電々力量 ( $MW$ )

$C_0$  ; オイルのカロリー変換定数

( $Kcal/Kl$ )

$CQ_0$  ; オイル消費量 ( $Kl$ )

(4)式で与えられる負荷区分  $L$  が、操作指令によるものであるかの検定と実負荷状態は下記(6)式で得られる。

$$\left. \begin{aligned} O_1 &= L \times (D_1^1 \wedge D_2^0 \wedge D_3^0) \\ O_2 &= L \times (D_1^1 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^0) \\ O_3 &= L \times (D_1^1 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^1) \\ O_4 &= L \times (D_1^1 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^1) \end{aligned} \right\} \quad \dots(6)$$

ここに、 $O_1$  ; オイル無負荷状態

$O_2$  ; オイルベース負荷状態

$$G_4 = L \times (D_1^0 \wedge D_2^1 \wedge D_3^1 \wedge D_4^1)$$

ここに、 $G_1$  ; ガス無負荷状態

$G_2$  ; ガスベース負荷状態

$G_3$  ; ガスミドル負荷状態

$G_4$  ; ガスピーク負荷状態

$\wedge$  ; 論理積記号 ( $AND$ )

$D_1^0$  ; ガス燃料

$D_2^0$  ; ガスタービン停止状態

$D_2^1$  ; ガスタービン運転状態

$D_3^0$  ; ガスタービン停止指令

$D_3^1$  ; ガスタービン運転指令

$D_4^0$  ; ベース負荷指令

$D_4^1$  ; ピーク負荷指令

$D_1^1$  ; オイル燃料

同様に燃料がオイルである場合も、下記のように実負荷状態が得られる。

まず、負荷区分  $L$  は、

$$L = [F_0 (EF_0, T)] \quad \dots(4)$$

で表わされ、下記の値を持つ。

$L = 5$  ; オイル無負荷状態

$O_3$  ; オイルミドル負荷状態

$O_4$  ; オイルピーク負荷状態

以上により、ガスタービン毎の負荷状態は、(3)と(6)式により判別することができる。

第3図は、連続運転時間  $T$  と、保守係数  $M$  との関連に於いて、ガスタービン運転停止操作による起動回数  $N$  が、ガスタービンの保守に与える影響をグラフに表わしたものであり、(a)にピーク負荷状態での影響を、(b)にミドル負荷状態での影響を、(c)にベース負荷状態での影響を、および(d)に無負荷状態での影響を、起動回数  $N$  の多少により、それぞれ示したものである。起動回数  $N$  が多い程、保守係数は大きくなる。グラフは、燃料毎に曲線が異なるため、それぞれガス、オイル毎に作成する。

起動回数  $N$  は、ガスタービン毎に入力する点火状態信号  $D_2$  を用いて、下記式で求める。

$$N = \Sigma ( (D_2 \oplus D_2') \wedge D_2 ) \quad \dots(7)$$

$D_2$  ; 今回点火状態

$D_2'$  ; 前回点火状態

⊕ ; 排他的論理和 ( E O R )

また、連続運転時間  $T$  は、(3)および(6)式により判別される各負荷状態の開始時点からの連続時間であり、下記式で得られる。

$$T_i = \sum_j \left( \left( \frac{G_i}{j} + \frac{O_i}{j} \right) \times T_o \right) \quad \dots (8)$$

ここに、 $T_i$  ; 各状態に於ける連続運転時間

$G_i$  ;  $1 \sim 4$  ( $i = 1 \sim 4$ ) ; ガス使用

$O_i$  ;  $5 \sim 8$  ( $i = 1 \sim 4$ ) ; オイル使用

$T_o$  ; 負荷状態作成基本周期

$j$  ; 各状態の正規値 ( $1 \sim 8$ )

連続運転時間  $T$  は、負荷状態変化時、" 0 " にリセットされる。

演算周期での保守係数  $M$  は、前記起動回数  $N$  と、連続運転時間  $T$  を用い、

$$M = \sum_i ( F ( T, N, G_i, O_i, D_i ) ) \quad \dots (9)$$

また、累積保守係数  $IM$  は、

$$IM = \sum ( M ) \quad \dots (10)$$

時期 17 として、適確な情報を出力装置 8 に出力する。

尚、比  $R_c$  と出力情報は、

$$R_c = \frac{I_c}{M_c} \quad \dots (14)$$

$$\begin{cases} 0 \leq R_c < 0.1 ; \text{保守要求情報} \\ 0.1 \leq R_c < 0.8 ; \text{出力せず} \\ 0.8 \leq R_c < 1.0 ; \text{保守準備要求情報} \end{cases}$$

## 2) 高温ガス系統保守時期の計画 (中期)

本保守時期  $M_H$  は、前記式 (11) で作成した保守時期  $M_c$  を用いて、下記式で表わされる。

$$M_H = C_H \times M_c \quad \dots (15)$$

ここに、 $C_H$  ; 高温ガス系統保守定数 ( $C_H \geq 1.0$ )

式 (11) の演算結果としての高温ガス系統保守時期  $M_H$  と、累積保守係数  $IM$  により、下記のよう高温ガス系統保守について、既保守回数  $N_H$  と、次期保守係数  $I_H$  が得られる。

$$N_H = \frac{IM}{M_H} \quad \dots (16)$$

$$I_H = IM - (N_H \times M_H) \quad \dots (17)$$

(17) 式の演算結果、 $I_H$  の高温ガス系統保守時期  $M_H$  に対する比  $R_H$  を求め、これら (16) , (17)

にて表わされる。

以上のように求めた累積保守係数  $IM$  により、保守計画装置 7 は、予め記憶している基本保守係数値  $FM$  を用いて、3 段階に分けた各保守時期の計画を行なう。

以下に、その詳細について説明する。

## 1) 燃焼系統保守時期の計画 (短期)

本保守時期  $M_c$  は、基本保守係数  $FM$  を用いて、下記式で表わされる。

$$M_c = C_c \times FM \quad \dots (11)$$

ここに、 $C_c$  ; 燃焼系統保守定数 ( $C_c \geq 1.0$ )

式 (11) の演算結果としての燃焼系統保守時期  $M_c$  と、前記累積保守係数  $IM$  により下記のように、燃焼系統保守について、既保守回数  $N_c$  と、次期保守までの保守係数  $I_c$  を得ることができる。

$$N_c = \frac{IM}{FM} \quad \dots (12)$$

$$I_c = IM - (N_c \times FM) \quad \dots (13)$$

また、(13) 式の演算結果、 $I_c$  の燃焼系統保守時期  $M_c$  に対する比を求め、これら (12) , (13) 式の演算結果を、比  $R_c$  に基づき、燃焼系統保守

式の演算結果を、比  $R_H$  に基づき、高温ガス系統保守時期 18 として、適確な情報を出力装置 8 に出力する。

尚、比  $R_H$  と出力情報の関係は、

$$R_H = \frac{I_H}{M_H} \quad \dots (18)$$

$$0 \leq R_H < 0.1 ; \text{保守要求情報}$$

$$0.1 \leq R_H < 0.8 ; \text{出力せず}$$

$$0.8 \leq R_H < 1.0 ; \text{保守準備要求情報}$$

## 3) タービン本体保守時期の計画 (長期)

前記 2) にて得られた保守時期  $M_H$  を用いタービン本体保守時期  $M_M$  は、

$$M_M = C_M \times M_H \quad \dots (19)$$

で求める。

ここに、 $C_M$  ; タービン本体保守定数 ( $C_M \geq 1.0$ )

(19) 式の演算結果としてのタービン本体保守時期  $M_M$  と、累積保守係数  $IM$  により、下記のようタービン本体保守について、既保守回数  $N_M$  と、次期保守までの保守係数  $I_M$  が得られる。

$$N_M = \frac{IM}{M_M} \quad \dots (20)$$

$$I_M = IM - (N_M \times M_M) \quad \dots (21)$$

(21)式の演算結果、 $I_m$ のタービン本体保守時期 $M_m$ に対する比 $R_m$ を求め、これら(20)、(21)式の演算結果を、比 $R_m$ に基づき、タービン本体保守時期19として、適確な情報を出力装置8に出力する。

尚、比 $R_m$ と出力情報の関係は、

$$R_m = \frac{I_m}{M_m} \quad \dots (22)$$

$$\begin{cases} 0 \leq R_m < 0.1 ; \text{保守要求情報} \\ 0.1 \leq R_m < 0.8 ; \text{出力せず} \\ 0.8 \leq R_m < 1.0 ; \text{保守準備要求情報} \end{cases}$$

以上のようにして得た三段階保守計画時期は、保守係数( $C_c$ ,  $C_n$ ,  $C_m$ )の値を下記のように設定すると全く保守計画時期を区別することなく、同時保守することができ、かつ、基本保守係数 $F_M$ で、各保守計画を行なうことができる。

$$C_c = C_n = C_m = 1 \quad \dots (23)$$

以上のようにして、ガスタービン発電設備に於ける保守計画が行なわれるが、本計画法によれば各状態毎の途中段階で、そのままの状態が今後も継続されるという予測のもとで、仮想累積保守係

数が求められ、これらの演算結果によつて将来の保守時期がデマンドでき、保守計画を立案することができる。

また、各状態毎の途中で保守計画演算をさせることが容易にできる。

#### 〔発明の効果〕

本発明によれば、ガスタービン発電設備における保守計画を的確に立案することができ、最適な保守を実施することができるので、非連続運転用ガスタービン発電設備を最も効果的に長寿命化することばかりでなく、連続運転用ガスタービン発電設備も効果的に長寿命化することができる。

#### 図面の簡単な説明

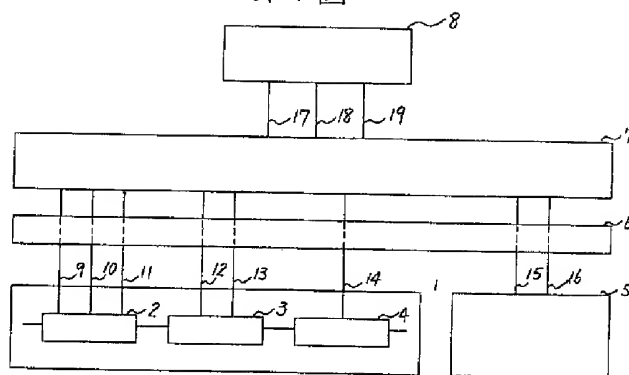
第1図は本発明の基本構成ブロック図、第2図は本発明のガスタービン発電設備における実負荷状態域図、第3図(a), (b), (c), (d)は本発明の各負荷状態における連続運転時間と運転回数による保守係数の一例を示す図である。

1…ガスタービン発電設備、2…燃料設備、3…ガスタービン設備、4…発電設備、6…プロセス

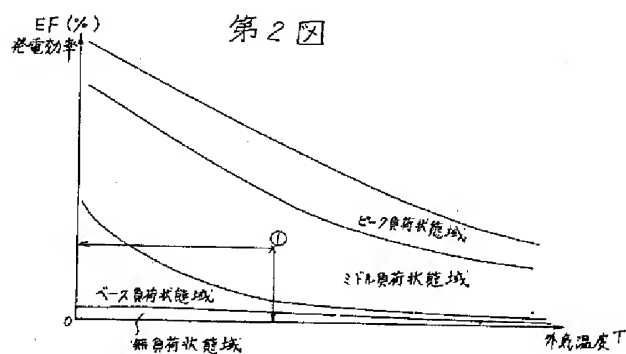
入出力装置、7…保守計画装置、14…発電電力計、17…燃料系統保守時期、18…高温ガス系統保守時期、19…タービン本体保守時期。

代理人 弁理士 高橋明夫

第1図



第2図



第3図

